

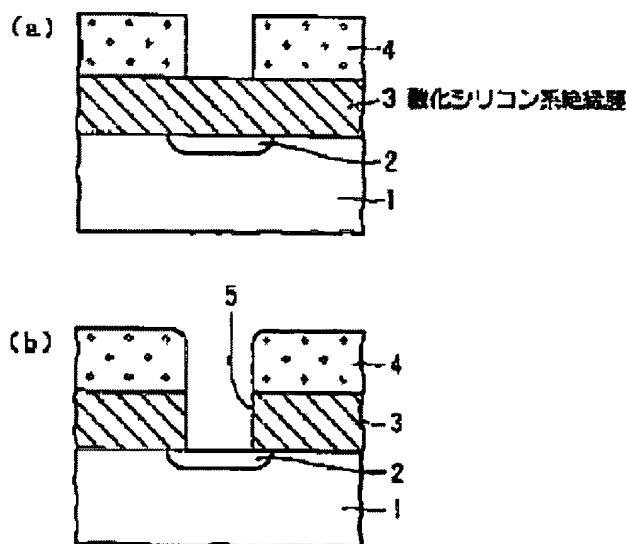
PLASMA ETCHING METHOD OF OXIDE SILICON-BASED INSULATING FILM

Patent number: JP9260350
Publication date: 1997-10-03
Inventor: YANAGIDA TOSHIHARU
Applicant: SONY CORP
Classification:
- **International:** C23F4/00; H01L21/28; H01L21/3065; H01L21/768;
C23F4/00; H01L21/02; H01L21/70; (IPC1-7):
H01L21/3065; C23F4/00; H01L21/28; H01L21/768
- **European:**
Application number: JP19960062417 19960319
Priority number(s): JP19960062417 19960319

Report a data error here

Abstract of JP9260350

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain excellent selection ratio to substratum material layers and a resist mask, and reduce microloading effect and particle contamination, by using mixture gas which contains gas containing N and H as constituent elements and gas containing C and F as constituent elements. **SOLUTION:** A silicon oxide-based insulating film 3 on substratum material layers 1, 2 is patterned by using mixture gas which contains gas containing N and H as constituent elements and gas containing C and F as constituent elements. For example, the silicon oxide-based insulating film 3 composed of SiO₂ is formed on a semiconductor substrate 1 of Si or the like on which an impurity diffusion layer 2 or the like is previously formed. A resist mask 4 having an aperture diameter of 0.25 μ m is patterned on a connection hole aperture position. Then an exposed part of the silicon oxide-based insulating film 3 is plasma etched with mixture gas of C₃F₈ and NH₃ by using a magnetron RIE equipment which jointly uses an magnetic field, and a contact hole 5 is formed.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-260350

(43)公開日 平成9年(1997)10月3日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/3065		H 0 1 L 21/302	A
C 2 3 F	4/00		C 2 3 F 4/00	E
H 0 1 L	21/28		H 0 1 L 21/28	L
	21/768		21/90	C

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平8-62417

(22)出願日 平成8年(1996)3月19日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 柳田 敏治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

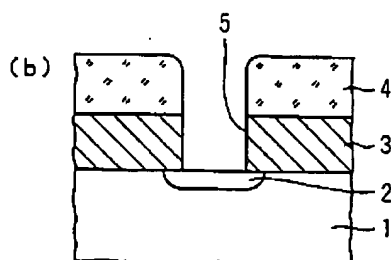
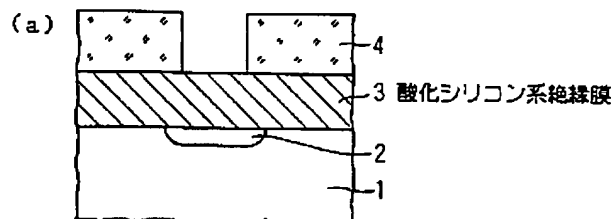
(54)【発明の名称】 酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法

(57)【要約】

【課題】 SiO_2 や SiOF 等の酸化シリコン系絶縁膜の高選択比、低ダメージ、実用的なエッチングレートならびに低パーティクルレベル等を共に達成しうるプラズマエッチング方法を提供する。

【解決手段】 フッ化炭素系ガスと、 NH_3 や N_2H_4 を含む混合ガスを用い、半導体基板1上の酸化シリコン系絶縁膜3にコンタクトホール5を開く。混合ガスの流量比を変更し、2段階エッチングとしてもよい。さらに、イオウの堆積を併用してもよい。

【効果】 被エッチング基板1上に堆積するフッ化炭素系ポリマの膜質を強化して対レジストマスク4や対半導体基板1との選択比を向上する。また堆積するCF系ポリマ量を低減できるので、パーティクルレベルも低下する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 NおよびHを構成元素として含むガスと、
CおよびFを構成元素として含むガス、とを含む混合ガスをを用い、
下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜をパターニングすることを特徴とする酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【請求項2】 NおよびHを構成元素として含むガスと、
CおよびFを構成元素として含むガス、とを含む混合ガスをを用い、
下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜を、前記下地材料層が露出する直前までパターニングする工程と、
前記混合ガス中の、NおよびHを構成元素として含むガスの混合比を高め、
前記下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜の膜厚方向の残部をパターニングする工程とを、
この順に施すことを特徴とする酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【請求項3】 NおよびHを構成元素として含むガスと、
放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオンを放出するイオン系化合物ガス、とを含む混合ガスをを用いるとともに、
被エッチング基板を室温以下に制御しつつ、
下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜をパターニングすることを特徴とする酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【請求項4】 NおよびHを構成元素として含むガスは、
 NH_3 、 N_2H_4 および NH_4HS のうちのいずれか少なくとも1種であることを特徴とする請求項1ないし3いずれか1項記載の酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【請求項5】 酸化シリコン系絶縁膜は、
 SiO_2 、 SiO_xF_2 および $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{F}_z$ のうちのいずれか1種であることを特徴とする請求項1ないし3いずれか1項記載の酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高集積度半導体装置等の製造分野で適用される酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法に関し、更に詳しくは、導電材料等からなる下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜に接続孔を開口する場合等に用いて有用な、酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法に関する。

【0002】

性能化が進展するに伴い、そのデザインルールはハーフミクロンからサブクォータミクロンへと縮小しつつある。これに伴い、酸化シリコン系絶縁膜に微細加工を施し、接続孔等を形成するためのプラズマエッチング方法に対する技術的要求はますます厳しさを増している。

【0003】例えば、半導体デバイスの信号処理の高速化や、半導体素子自体の微細化を図るため、例えばMOSトランジスタにおいては不純物拡散層の接合深さが浅くなっている。またSRAMの負荷抵抗素子として用いられるPMOS-TFTのソース・ドレイン領域に臨む接続孔を開口するデバイス構造がある。このような薄い導電材料層を下地とする酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチングにおいては、従来以上に下地材料層との選択性に優れ、下地材料層のダメージが少ないプラズマエッチング方法が求められる。

【0004】さらに、対レジストマスクの選択比向上も重要な問題である。微細なデザインルールの半導体装置を安定に製造するために、プラズマエッチング中に生じるレジストマスクの後退による寸法変換差の発生は、極く僅かなレベルのものでも許容され難くなりつつあるからである。

【0005】酸化シリコン系材料膜のプラズマエッチングは、強固なSi-O結合(705kJ/mol)を切断する必要があるため、スパッタリング効果のあるイオン性の強いエッチングモードが採用されている。一般的なエッチングガスは CF_4 や C_3F_8 等を代表とするCF系ガスを主体とするものであり、CF系ガスから解離生成する CF_x^+ の入射イオンエネルギーによるスパッタリング作用と、構成元素である炭素の還元性によるSi-O結合の分断作用、および蒸気圧の大きい反応生成物である SiF_x の生成除去を利用するものである。しかしイオンモードのプラズマエッチングの特徴として、エッチングレートは一般に大きくはない。そこで高速エッチングを指向して入射イオンエネルギーを高めると、エッチング反応は物理的なスパッタリングを主体とする形となり、選択性は低下する。すなわち、CF系ガスによる酸化シリコン系材料層のプラズマエッチングは、高速性と選択性は両立しがたいものであった。

【0006】また従来技術により高い選択比を得るためには、CF系ガスの反応生成物を主体とするフッ化炭素系ポリマを厚く堆積する必要がある、このようなガスケミストリで同一エッチングチャンパ内でプラズマエッチングを重ねると、エッチングレートの低下やパーティクルレベルの悪化を招く。エッチングレートの低下は微細パターンほど顕著に表れ、いわゆるマイクロローディング効果による接続孔の抜け不良が発生する。

【0007】酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチングにおける選択比を向上するため、CF系ガスに H_2 を添加したり、分子中にHを含む CHF_3 等CHF系ガス

るHラジカル(H^{\bullet})により、プラズマ中の過剰なFラジカル(F^{\bullet})を捕捉し、HFの形でエッチングチャンバ外に除去し、エッチング反応系の実質的なC/F比(C原子とF原子の割合)を増加させる思想にもとづく。C/F比の増加は、エッチングと競合して堆積するフッ化炭素系ポリマ中のF原子の含有量を低減し、イオン入射耐性向上等の膜質強化作用があり、したがってSi等の下地との選択性を向上する効果がある。フッ化炭素系ポリマは、被エッチング膜である酸化シリコン系絶縁膜上ではその表面からスパッタアウトされるO原子と反応して酸化除去されるので実質的には堆積せず、エッチングレートは低下することはない。しかしフッ化炭素系ポリマは、酸化作用を有さないSi等の下地上に専ら堆積し、イオン入射から下地を保護するため実質的なエッチングストップとして機能し、このために選択比が向上するのである。これらC/F比の概念や高選択性が達成される機構については、例えばJ. Vac. Science. Tech., 16(2), 391(1979)に報告されている。

【0008】また最近においては、イオン入射耐性という物理的観点とは異なった立場からフッ化炭素系ポリマの膜質を見直す動向がある。すなわち、F原子リッチなフッ化炭素系ポリマが下地材料層であるSi等の露出面に堆積した場合には、フッ化炭素系ポリマ中のF原子と下地のSi原子とは、単なる吸着あるいは付着にとどまらず、イオンの入射にアシストされて化学反応および反応生成物の脱離過程と進む。この一連の過程は、とりもなおさずエッチング反応であり、対下地材料層の選択比が低下する原因となる。このような観点から、フッ化炭素系ガスにCOを添加し、プラズマ中の過剰な F^{\bullet} をCOF₂等の形で捕捉してC/F比を増加する試みが第40回応用物理学関係連合講演会(1993年春季年会)講演予稿集p614、講演番号31a-ZE-10に報告されている。また同様の観点から、NF₃等の無機フッ素系エッチングガスにCOを添加して余剰の F^{\bullet} を捕捉し、選択比を向上する提案が、例えば米国特許第4,807,016号明細書に開示されている。

【0009】しかしながら、フッ化炭素系ガスにH₂やCOを添加して下地材料層との選択比を向上する手法においては、これら添加ガスの引火性や安全性について充分な配慮が必要である。とりわけクリーンルーム等の閉鎖空間での取り扱いには、検討の余地が大きい。また実用化に当たっては排気ガスの処理設備を新たに設ける必要がある。

【0010】一方半導体装置内での信号伝播の遅延を防止するため、配線間の絶縁膜を低誘電率化し配線間容量を低減する試みがロジックLSI等の高速性を要求される半導体デバイスを主体として鋭意検討されている。低誘電率材料としては一般的な層間絶縁膜材料であるSi

セスにおいて従来技術と連続性があることから注目される。一例としてTEOS/O₂/CF₄系原料ガスを用いたプラズマCVD方法が1993 Dry Process Symposium 予稿集p163、講演番号V-2に報告されている。この方法によればSiO₂に6at.%程度のFを含有させることにより、比誘電率は4.1から3.2程度まで低減される。

【0011】しかしながら、SiOFやSiONF等の低誘電率酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチングにおいては、これら被エッチング膜からエッチング中に逐次 F^{\bullet} が放出され、プラズマ中の F^{\bullet} 濃度を高める。被エッチング膜から放出される F^{\bullet} も、下地材料層であるシリコンや、レジストマスクのエッチャントとなるので、エッチング選択比の確保はSiO₂やPSG、BSG、BPSG等の一般的な酸化シリコン系絶縁膜に比較して一層困難なものとなる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述したSiOF系絶縁膜をも含む酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチングに関する各種問題点を解決することをその課題としている。すなわち本発明の課題は、下地材料層上に形成された酸化シリコン系絶縁膜をパターンニングするに当たり、対下地材料層および対レジストマスクの選択比に優れ、かつマイクロローディング効果が小さくパーティクル汚染の少ないプラズマエッチング方法を提供することである。

【0013】本発明の別の課題は、エッチングガス系からH₂やCO等、使用にあたって引火性や安全性に検討の余地のあるガスを排除し、また新たに排気ガス処理施設等の設備投資が不要な酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法を提供することである。

【0014】さらに本発明の別の課題は、配線間容量が低減され信号伝播速度が向上した高集積度半導体装置を安定に製造しうる低誘電率酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法は、上述した課題を達成するために提案するものであり、その第1の発明(請求項1)は、NおよびHを構成元素として含むガスと、CおよびFを構成元素として含むガス、とを含む混合ガスを用い、下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜をパターンニングすることを特徴とするものである。

【0016】また第2の発明(請求項2)は、NおよびHを構成元素として含むガスと、CおよびFを構成元素として含むガス、とを含む混合ガスを用い、下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜を、下地材料層が露出する直前までパターンニングする工程と、この混合ガス中の、NおよびHを構成元素として含むガスの混合比を高め、下

パターニングする工程とを、この順に施すことを特徴とするものである。下地材料層が露出する直前までパターニングする工程（ジャストエッチング工程）においては、エッチングレートのわずかな不均一性から、被エッチング基板上の一部において下地材料層が不可避免的に僅かに露出する場合もあり得るが、かかる場合も含むものとする。

【0017】さらに第3の発明（請求項3）は、NおよびHを構成元素として含むガスと、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるイオウ系化合物ガス、とを含む混合ガスを用いるとともに、被エッチング基板を室温以下に制御しつつ、下地材料層上の酸化シリコン系絶縁膜をパターニングすることを特徴とするものである。

【0018】本発明においてNおよびHを構成元素として含むガスとしては、 NH_3 （ $\text{mp} = -77.7^\circ\text{C}$ 、 $\text{bp} = 33.35^\circ\text{C}$ ）、 N_2H_4 （ $\text{mp} = 2.0^\circ\text{C}$ 、 $\text{bp} = 113.5^\circ\text{C}$ ）および NH_4HS のうちのいずれか少なくとも1種である。このうち、 NH_4HS （Ammonium Hydrosulfide）は、 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ （Ammonium Sulfide、 -18°C 以下で結晶化）の熱分解により生成する化合物である。また本発明で採用するCおよびFを構成元素として含むガスは一般式 C_nF_m あるいはこれらの化合物内のF原子の一部をHで置換した $\text{C}_n\text{H}_l\text{F}_{m-1}$ （ n, m および l はそれぞれ自然数）で表される化合物であり、飽和化合物あるいは不飽和化合物、あるいは鎖状、環状等の分子構造の別を問わない。さらに本発明で用いる放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるイオウ系化合物ガスは、具体的には S_2F_2 、 SF_2 、 SF_4 、 S_2F_{10} 、 S_2Cl_2 、 S_3Cl_2 、 SCl_2 、 S_2Br_2 、 S_3Br_2 、 S_2Br 等のハロゲン化イオウ系ガス、および H_2S が例示され、これら単独または組み合わせて使用できる。室温において液状の化合物は、公知の方法で加熱気化して用いればよい。ハロゲン化イオウガスとして一般的な SF_6 は、放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出することは困難であるので、これを除外する。また室温とは通常の半導体装置の製造プロセスに供するクリーンルームの室温のことであり、通常 $20 \sim 25^\circ\text{C}$ である。

【0019】本発明でエッチングの対象とする酸化シリコン系絶縁膜は、 SiO_2 、 SiO_xF_z および $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{F}_z$ （ SiOF および SiONF と略記）のうちのいずれか1種である。またこれら酸化シリコン系絶縁膜に、P、B、As等の不純物を含むものであってもよい。またその成膜方法は減圧CVD法、プラズマCVD法、常圧CVD法、スパッタリング法、塗布焼成法等の別を問わない。

【0020】つぎに作用の説明に移る。いずれの発明にも共通する作用として、NおよびHを構成元素として含

原子あるいはその活性種のみならず、N原子あるいはその活性種が共同してシリコン材料やレジストマスクのエッチャントとなるフッ素ラジカル（ F^* ）を捕捉するので、過剰 F^* による選択比低下が防止される。またエッチングと競合して堆積するフッ化炭素系ポリマ中のフッ素含有量が低下するのでカーボンリッチな組成となりその膜質が強化され、入射イオンやラジカルの攻撃に対する耐性が高まり、この面からもシリコン材料やレジストマスクとの選択比が向上する。とりわけ、Fを構成元素とする SiOF 等の低誘電率酸化シリコン系絶縁膜の場合には、エッチング進行中に逐次 F^* を放出するのでエッチャントが過剰となり易いが、本発明の採用によりこれら被エッチング膜から放出される F^* も捕捉されるので、選択比の低下は効果的に回避される。

【0027】第2の発明においては、ジャストエッチング工程に相当する下地材料層が露出する直前までパターニングした時点で混合ガスの混合比を変更し、その後のオーバーエッチング工程においてはNおよびHを構成元素として含むガスの混合比を高める。この2段階エッチングにより、ジャストエッチング工程においては実用的な高速エッチングレートを確保できる。さらにオーバーエッチング工程においてはプラズマ中の F^* を一層低減し、またより効果的にF含有量の小さいフッ化炭素系ポリマが生成されるので、入射イオンエネルギーを低減した条件でも高選択比エッチングが可能となる。当然これにより下地材料層のイオン照射ダメージも低減される。

【0024】さらに第3の発明においては、被エッチング基板温度が低温制御されることによりラジカル反応が抑制されること、およびイオウ系化合物ガスの解離生成により、被エッチング基板上にはフッ化炭素系ポリマの他にイオウ系材料が堆積することの相乗効果により、Si等の対下地材料選択比や対レジストマスク選択比がさらに向上する。一方酸化シリコン系材料層表面では、スパッタリングにより放出されるOにより、CF系ポリマ同様にイオウ系材料は SO や SO_2 となって速やかに除去されるので、エッチングレートの低下は事実上起こらない。したがって、エッチングレートを確保したまま高選択比エッチングが可能となる。酸化シリコン系材料層のパターニング終了後は、被エッチング基板を約 150°C 以上に加熱すれば堆積したイオウ系材料は速やかに昇華除去され、被エッチング基板に対するコンタミネーションやパーティクル汚染を残す虞はない。イオウ系材料は、レジストアッシングの際にレジストと同時に酸化除去することも可能である。なお、堆積するイオウ系材料としては、元素状イオウ、およびイオウが窒化および重合して生成するポリチアジルがある。ポリチアジルはイオウよりさらにイオン入射耐性が大きく、選択比向上やダメージ防止効果が高い。イオウは減圧下約 90°C 以上、ポリチアジルは約 150°C 以上で昇華除去可能であ

ように、被エッチング基板温度がこれら昇華温度未満であればイオウあるいはポリチアジルは堆積可能である。ただし堆積膜の安定性の観点からは、被エッチング基板温度を室温以下、例えば一般的なクリーンルーム温度である20～25℃以下に制御することが望ましい。

【0026】

【実施例】以下、本発明を一例としてコンタクトホールやビアホール加工に適用した具体的実施例につき、添付図面を参照して説明する。

【0027】実施例1

本実施例は第1の発明を適用し、フッ化炭素系ガスである C_3F_8 と、 NH_3 との混合ガスにより、シリコン基板上の SiO_2 からなる酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングしてコンタクトホールを形成した例であり、これを図1(a)～(b)を参照して説明する。

【0028】まず図1(a)に示すように、予め不純物拡散層2等が形成されたSi等の半導体基板1上に、S

C_3F_8	50	sccm
NH_3	20	sccm
ガス圧力	2.0	Pa
RF電源パワー密度	2.0	W/cm ² (13.56MHz)
磁界強度	1.5×10^{-2}	T
被エッチング基板温度	5	℃

被エッチング基板温度は、エッチング工程中5℃を維持した。このプラズマエッチング工程においては、 F^* によるラジカル反応が、主として CF_x^+ のイオン入射にアシストされる形で酸化シリコン系絶縁膜3の異方性エッチングが進行した。エッチングレートは850nm/minであった。

【0030】またプラズマ中には NH_3 の解離により生成したH原子のみならず、N原子あるいはこれら原子の活性種が、 C_3F_8 の解離や被エッチング層から放出される過剰な F^* を捕捉する。この結果、被エッチング基板上に堆積するフッ化炭素系ポリマ(図示せず)は、F成分の含有量の少ないものであり、高いイオン入射耐性を有していた。フッ化炭素系ポリマは、プラズマエッチングにより露出する下地材料層であるシリコン等の半導体基板、正確には不純物拡散層2上やレジストマスク4上に主として堆積する結果、高い選択比が得られる。すなわち、下地材料層である半導体基板1が露出した段階で、その表面にフッ化炭素系ポリマが堆積するのでエッチングレートは大幅に低下し、この結果高い選択比が達成されるのである。選択比は、対下地材料層が約40、対レジストマスクが約7であった。被エッチング基板にコンタクトホール5が開口された、プラズマエッチング終了後の状態を図1(b)に示す。

【0031】本実施例によれば、 C_3F_8 と NH_3 を含む混合ガスを用いて酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエ

iO_2 からなる酸化シリコン系絶縁膜3を形成する。この酸化シリコン系絶縁膜は、一例として $TEOS/H_2O/O_2$ 系のソースガスを用い、プラズマCVDにより成膜したものである。酸化シリコン系絶縁膜3の厚さは一例として500nmである。つぎに化学増幅型レジストとKrFエキシマレーザリソグラフィにより、0.25μmの開口径を有するレジストマスク4を接続孔開口位置にパターンニングする。ここまで形成した図1(a)に示すサンプルを、被エッチング基板とする。

【0029】つぎにこの被エッチング基板を磁場を併用したマグネトロンRIE装置の基板ステージ上に載置し、下記条件により酸化シリコン系材料層3の露出部分をプラズマエッチングする。なお基板ステージは、アルコーン系冷媒が循環する冷却配管と抵抗加熱ヒータおよび温度センサ等を内蔵することにより、0℃以下に温度制御できるものである。

エッチングすることにより、高い選択比と均一性を共に満たすコンタクトホール開口プロセスが達成できた。

【0032】実施例2

本実施例は、同じく第1の発明を適用し、 C_4F_8 と、 NH_3 を含む混合ガスにより、下層配線上の低誘電率酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングしてビアホールを開口した例であり、これを図2(a)～(b)を参照して説明する。

【0033】本実施例で採用した図2(a)に示す被エッチング基板は、下層層間絶縁膜6上に例えば不純物を含む多結晶シリコンからなる下層配線7と $SiOF$ からなる低誘電率酸化シリコン系絶縁膜30が形成され、さらに下層配線7に臨む、例えば0.25μmの開口部が設けられたレジストマスク4を形成したものである。低誘電率酸化シリコン系絶縁膜30は一例として $TEOS/C_2F_6/H_2O/O_2$ 系の原料ガスを用いたプラズマCVDにより形成したものであり、その厚さ例えば500nmである。このプラズマCVD法は本願出願人が特願平6-97631号明細書として出願したものであり、残留水酸基や有機物が少なく、またステップカバレージにも優れたものである。

【0034】この被エッチング基板を前実施例と同じマグネトロンRIE装置の基板ステージ上に載置し、下記条件により低誘電率酸化シリコン系絶縁膜30の露出部分をプラズマエッチングする。

C_4F_8	50	sccm
----------	----	------

ガス圧力	2.0	Pa
RF電源パワー密度	2.0	W/cm ² (13.56MHz)
磁界強度	1.5×10^{-2}	T
被エッチング基板温度	5	°C

被エッチング基板温度は、エッチング工程中5°Cを維持した。このプラズマエッチング工程においては、F^{*} によるラジカル反応が、主としてCF_x⁺ のイオン入射にアシストされる形で低誘電率酸化シリコン系絶縁膜30の異方性エッチングが進行した。エッチングレートは850nm/minであった。

【0035】またプラズマ中にはNH₃ の解離により生成したH原子のみならずN原子あるいはこれらの原子の活性種が、C₄F₈ の解離や被エッチング層から放出される過剰なF^{*} を捕捉するので、エッチングの選択比は下地材料層である多結晶シリコンからなる下層配線7に対して約40、レジストマスク4に対し約6の値が得られた。ビアホール8が開口された、プラズマエッチング終了後の状態を図2(b)に示す。本実施例によれば、C₄F₈ とNH₃ を含む混合ガスを用いて低誘電率酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングすることによ

C ₃ F ₈	50	sccm
N ₂ H ₄	10	sccm
ガス圧力	2.0	Pa
RF電源パワー密度	2.2	W/cm ² (13.56MHz)
磁界強度	1.5×10^{-2}	T
被エッチング基板温度	15	°C

エッチングの終点は、予め同一のエッチング条件で酸化シリコン系絶縁膜3のエッチングレートを求めておき、時間制御により決定した。第1段のプラズマエッチング終了後の状態を図3(b)に示す。コンタクトホール開口予定個所の凹部底面には、酸化シリコン系絶縁膜の残余部3aが見られる。本エッチング工程は基本的には前実施例1と同様の原理にもとづきエッチングが進行する

C ₃ F ₈	40	sccm
N ₂ H ₄	20	sccm
ガス圧力	2.0	Pa
RF電源パワー密度	1.2	W/cm ² (13.56MHz)
磁界強度	1.5×10^{-2}	T
被エッチング基板温度	15	°C

本オーバーエッチング工程においては、N₂H₄ の混合比を高めたことによりF^{*} が有効に補足されたこと、およびRF電源パワー密度を低減したことの寄与により、エッチング選択比は対下地材料層が約60、対レジストマスクが約9であった。酸化シリコン系絶縁膜3にコンタクトホール5が開口されたプラズマエッチング終了後の状態を図3(c)に示す。

【0039】本実施例によれば、N₂H₄ の混合比を変更する2段階エッチング条件の採用により、高い選択比、均一性および高スループットをともに満たす酸化シ

リ、高い選択比と均一性を共に満たすビアホール開口プロセスが達成できた。

【0036】実施例3

本実施例は第2の発明を適用し、シリコン基板上のSiO₂ からなる酸化シリコン系絶縁膜を、フッ化炭素系ガスであるC₃F₈ と、N₂H₄ を含む混合ガスにより、その混合比を変えて2段階プラズマエッチングしてコンタクトホールを形成した例であり、これを図3(a)～(c)を参照して説明する。

【0037】図3(a)に示す被エッチング基板は前実施例1で参照した図1(a)に示す被エッチング基板と同様であるので重複する説明は省略する。この被エッチング基板をマグネトロンRIE装置の基板ステージ上に載置し、下記条件により酸化シリコン系材料層3の露出部分を下地材料層が露出する直前までプラズマエッチングする。

が、RF電源パワー密度と被エッチング基板温度を高めた条件を採用したのでエッチングレートは1200nm/minとなった。

【0038】つぎにN₂H₄ の混合比を高めた下記プラズマエッチング条件に切り替え、酸化シリコン系絶縁膜の残余部3aを除去する。

【0040】実施例4

本実施例は本願の第3の発明を適用し、CF₄/NH₃/S₂F₂ 混合ガスにより下層配線上の低誘電率酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングしてビアホールを開口した例であり、これを再度図2(a)～(b)を参照して説明する。

【0041】本実施例で採用した図2(a)に示す被エッチング基板は、先の実施例2で説明したものと同一であるので重複する説明は省略する。この被エッチング基板を、基板バイアス印加型ICP(Inductive

の基板ステージ上に載置し、下記条件により低誘電率酸化シリコン系絶縁膜30の露出部分をプラズマエッチングする。このエッチング装置の基板ステージは、チラーにより冷却したアルコール系冷媒を循環することにより被エッチング基板を数十℃に冷却できる機構を有する。

CF ₄	20	sccm
NH ₃	20	sccm
S ₂ F ₂	20	sccm
ガス圧力	0.8	Pa
ICP電源	1000	W (2.0MHz)
基板バイアス電圧	300	V
被エッチング基板温度	-30	℃

被エッチング基板温度は、エッチング工程中-30℃を維持した。このプラズマエッチング工程においては、CF₄およびS₂F₂の解離によりプラズマ中に生じたF*によるラジカル反応が、主としてCF_x*のイオン入射にアシストされる形で低誘電率酸化シリコン系絶縁膜30の異方性エッチングが進行した。エッチングレートは950nm/minであった。

【0042】またプラズマ中にはNH₃の解離により生成したH原子のみならずN原子、あるいはこれら原子の活性種が過剰なF*を捕捉すること、および低温冷却によりF*自体の活性が抑制されていること、さらにF含有量の少ない強固なフッ化炭素系ポリマに加えてイオウ系材料の堆積を併用しうること等の効果により、エッチングの選択比は実施例3と比較してさらに高い値が得られた。またイオウの堆積分だけフッ化炭素系ポリマの堆積量を低減することが可能であり、この結果マイクロローディング効果も有効に低減された。プラズマエッチング終了後の状態を図2(b)に示す。本実施例により堆積するイオウ系材料は、元素状イオウおよびポリチアジルの混合物であった。

【0043】本実施例によれば、CF₄とNH₃の混合ガスに、さらにS₂F₂を添加し、被エッチング基板を室温以下に制御しながら低誘電率酸化シリコン系絶縁膜をパターンニングすることにより、高い選択比と下地材料層に与える低ダメージ性をともに達成することができる。特に本実施例においては、プラズマエッチング終了後、基板ステージを150℃以上に加熱することにより、被エッチング基板上や基板ステージ近傍に堆積したイオウ系材料は容易に昇華除去でき、パーティクル汚染やコンタミネーション汚染を惹起することがない。またフッ化炭素系ポリマの堆積を低減でき、被エッチング基板の処理枚数を重ねて連続処理を行っても、フッ化炭素系ポリマ過剰なチャンバ内雰囲気形成されることがなく、エッチングレートの低下やマイクロローディング効果が発生することはない。またチャンバ内のパーティクルレベルが増加することもない。

たが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0045】例えば、NとHを構成元素として含むガスとしてNH₃とN₂H₄を例示したが、先述したようにNH₄HSを用いることも可能である。またCとFを構成元素として含むガスとしてC₄F₈とC₃F₈およびCF₄を例示したが、飽和、不飽和を問わず他のCF系ガスを単独または組み合わせて用いることができる。F原子の一部がHに置換されたCHF系ガスを用いてもよい。同じく、F原子の一部がClやBr等のハロゲン原子に置換された化合物であってもよい。

【0046】放電解離条件下でプラズマ中に遊離のイオウを放出しうるハロゲン化イオウ系ガスとして、S₂F₂を代表としてとりあげたが、これ以外にSF₂、SF₄、S₂F₁₀、S₂Cl₂、S₃Cl₂、SCl₂、S₂Br₂、S₃Br₂、およびS₂Br₁₀が例示され、これら単独または組み合わせて使用できる。H₂Sは単独ではエッチング作用はないので、CF系ガスや他のハロゲン系ガスと併用する必要がある。

【0047】低誘電率酸化シリコン系絶縁膜としてSiOFを例示したが、窒素を含有するSiONFであってもよい。これらにさらにP、BおよびAs等の不純物を含有していてもよい。あるいはSiO₂やPSG、BPSG、Si₃N₄等一般的な誘電体材料との積層構造膜であってもよい。レジストマスクを使用しないセルフアラインコンタクトへの適用も可能である。またコンタクトホールやビアホール加工に限らず、LDDサイドウォールスペース加工等、下地材料層との高選択比が要求される各種プラズマエッチングにも適用可能である。

【0048】その他、被エッチング基板の構造、プラズマエッチング装置、プラズマエッチング条件等、本発明の技術的思想の範囲内で適宜選択して適用することが可能である。

【0049】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本願の第1の発明によればプラズマ中のF*の制御、および被エッチング基板上に堆積するフッ化炭素系ポリマ中のF含有量の制御により、酸化シリコン系絶縁膜の高選択比エッチングが可能となる。

【0050】第2の発明によれば、混合ガスの組成比を変えた2段階エッチングの採用により高スループット加工に加え、上記効果を徹底できる。

【0051】第3の発明によれば、イオウあるいはポリチアジルの堆積を併用することにより、一層の選択比の向上と低ダメージに加え、マイクロローディング効果の低減および低汚染の効果が得られる。

【0052】以上の効果により、本発明によれば高集積度半導体装置を安定に製造することが可能な酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチング方法を提供できる。

【図1】本発明のプラズマエッチング方法を適用した実施例1を、その工程順に説明する概略断面図であり、

(a)は酸化シリコン系絶縁膜上にコンタクトホール開口用のレジストマスクを形成した状態、(b)は酸化シリコン系絶縁膜をパターニングしてコンタクトホールを完成した状態である。

【図2】本発明のプラズマエッチング方法を適用した実施例2および4を、その工程順に説明する概略断面図であり、(a)は低誘電率酸化シリコン系絶縁膜上にビアホール開口用のレジストマスクを形成した状態、(b)は低誘電率酸化シリコン系絶縁膜をパターニングしてビアホールを完成した状態である。

【図3】本発明のプラズマエッチング方法を適用した実

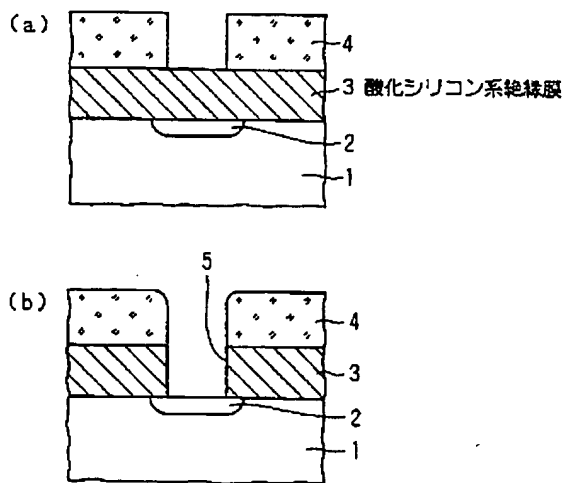
施例3を、その工程順に説明する概略断面図であり、

(a)は酸化シリコン系絶縁膜上にコンタクトホール開口用のレジストマスクを形成した状態、(b)は酸化シリコン系絶縁膜を下地材料層が露出する直前までパターニングした状態、(c)は酸化シリコン系絶縁膜の膜厚方向の残部をパターニングしてコンタクトホールを完成した状態である。

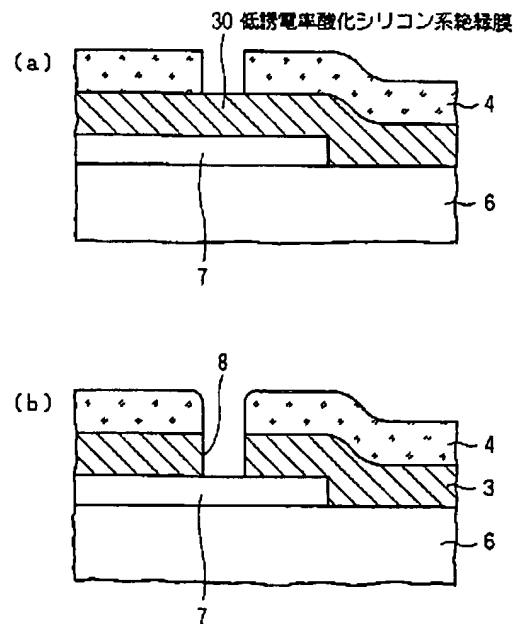
【符号の説明】

1…半導体基板、2…不純物拡散層、3…酸化シリコン系絶縁膜、3a…酸化シリコン系絶縁膜の残余部、4…レジストマスク、5…コンタクトホール、6…下層層間絶縁膜、7…下層配線、8…ビアホール、30…低誘電率酸化シリコン系絶縁膜

【図1】



【図2】



【図3】

